

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-260100

(43)Date of publication of application : 25.09.2001

(51)Int.Cl.

B81C 5/00

G02F 1/13

G09G 3/36

(21)Application number : 2000-081920

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 23.03.2000

(72)Inventor : TAKEDA TOSHIHIKO

(54) DRIVING METHOD FOR MINUTE OBJECT DRIVING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a driving method for a minute object driving device capable of generating linear movement or rotative movement in a minute object and of controlling the direction of the movement.

SOLUTION: The minute object driving device is provided with: a pair of boards arranged in a form spaced apart at a predetermined distance; liquid crystal arranged in the space between the boards; at least one minute object movably arranged in the liquid crystal; a pair of electrodes arranged so as to interpose the liquid crystal; insulation films formed on the electrode surfaces with a horizontal orientation process applied; and a voltage application means for applying a voltage between the electrodes. This method for the movement of the minute object between the electrodes is controlled by the frequency of, an alternating voltage applied between the electrodes by the voltage application means, which is composed of a positive pulse and a negative pulse different in the absolute value of their peak value.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-260100

(P2001-260100A)

(43) 公開日 平成13年9月25日 (2001.9.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコト* (参考)
B 8 1 C 5/00		B 8 1 C 5/00	2 H 0 8 8
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5 5 C 0 0 6
G 0 9 G 3/36		G 0 9 G 3/36	

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-81920(P2000-81920)

(22) 出願日 平成12年3月23日 (2000.3.23)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 武田 俊彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100069017

弁理士 渡辺 徳廣

Fターム(参考) 2H088 EA02 GA02 GA15 HA06

5C006 AC01 AF19 BA03 BA19 BB01

BC13 BF21 BF42 EA03 EC08

FA41

(54) 【発明の名称】 微小物体駆動装置の駆動方法

(57) 【要約】

【課題】 微小物体に直線運動や回転運動を発現させる事ができ、且つその運動の向きを制御可能な微小物体駆動装置の駆動方法を提供する。

【解決手段】 所定間隔を開けた状態で配置された一対の基板と、これらの基板の間隙に配置された液晶と、該液晶内に移動自在に配置された少なくとも1つの微小物体と、前記液晶を挟み込む様に配置された一対の電極と、該電極表面に設けられた水平配向処理を施された絶縁膜と、前記電極間に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた微小物体駆動装置の駆動方法であって、前記電圧印加手段により前記電極間に交番電圧を印加し、該交番電圧は波高値の絶対値が異なる正極性パルスと負極性パルスからなり、前記交番電圧の周波数で前記電極間における前記微小物体の運動を制御する微小物体駆動装置の駆動方法。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定間隔を開けた状態で配置された一対の基板と、これらの基板の間隙に配置された液晶と、該液晶内に移動自在に配置された少なくとも 1 つの微小物体と、前記液晶を挟み込む様に配置された一対の電極と、該電極表面に設けられた水平配向処理を施された絶縁膜と、前記電極間に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた微小物体駆動装置の駆動方法であって、前記電圧印加手段により前記電極間に交番電圧を印加し、該交番電圧は波高値の絶対値が異なる正極性パルスと負極性パルスからなり、前記交番電圧の周波数で前記電極間における前記微小物体の運動を制御する事を特徴とする微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 2】 前記液晶の誘電率異方性の大きさが +5 以下の正の値である事を特徴とする請求項 1 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 3】 前記液晶の粘性の大きさが $20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以下である事を特徴とする請求項 1 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 4】 前記交番電圧の周波数により、前記微小物体の運動の方向を制御する事を特徴とする請求項 1 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 5】 臨界周波数よりも大きい第 1 の周波数の前記交番電圧を印加する事により前記微小物体を所定の方向に運動させ、前記臨界周波数よりも小さい第 2 の周波数の前記交番電圧を印加する事により前記微小物体を前記所定の方向に対して反対向きに運動させる事を特徴とする請求項 4 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 6】 前記臨界周波数の前記交番電圧を印加し、前記微小物体の運動をほぼ停止させる事を特徴とする請求項 5 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 7】 前記臨界周波数の大きさが 10 Hz 以上 200 Hz 以下である事を特徴とする請求項 5 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 8】 前記交番電圧により前記電極間に形成される電界強度が $1 \text{ V} / \mu\text{m}$ 以上である事を特徴とする請求項 1 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 9】 前記水平配向処理がラビング処理である事を特徴とする請求項 1 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 10】 前記一対の電極のうち、一方の電極表面の絶縁膜に施されたラビング処理のラビング方向が、他方の電極表面の絶縁膜に施されたラビング処理のラビング方向に対して反対向きである事を特徴とする請求項 9 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 11】 前記ラビング処理が前記絶縁膜に対して閉じた帯状領域に沿って施されている事を特徴とする請求項 9 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 12】 前記所定の方向が、前記ラビング方向と平行である事を特徴とする請求項 5 記載又は請求項 9

記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 13】 前記微小物体の運動の軌跡が、前記電極面に対してほぼ平行な平面内における前記微小物体の直線的な運動である事を特徴とする請求項 9 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 14】 前記微小物体の運動の軌跡が、前記電極面に対してほぼ平行な平面内における前記微小物体の閉曲線的な運動である事を特徴とする請求項 11 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 15】 前記第 1 の周波数により、前記微小物体の前記所定の方向への運動の速さを制御する事を特徴とする請求項 5 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 16】 前記第 2 の周波数により、前記微小物体の前記所定の方向に対して反対向きへの運動の速さを制御する事を特徴とする請求項 5 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 17】 前記交番電圧の極性により、前記微小物体の運動の方向を制御する事を特徴とする請求項 1 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 18】 前記交番電圧の極性を反転させる事により、前記微小物体の運動の方向を反転させる事を特徴とする請求項 17 記載の微小物体駆動装置の駆動方法。

【請求項 19】 所定間隔を開けた状態で配置された一対の透明基板と、これらの基板の間隙に配置された液晶と、該液晶内に移動自在に配置された少なくとも 1 つの微小物体と、前記液晶を挟み込む様に配置された一対の透明電極と、該電極表面に設けられた水平配向処理を施された絶縁膜と、前記電極間に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた表示素子の表示方法であって、前記電圧印加手段により前記電極間に交番電圧を印加し、該交番電圧は波高値の絶対値が異なる正極性パルスと負極性パルスからなり、前記交番電圧の周波数により、前記微小物体を前記透明電極間に分散させた状態と、前記微小物体を前記透明電極のエッジ近傍に局在させた状態を形成する事により、前記表示素子に透明状態と非透明状態を発現させる事により表示を行う事を特徴とする表示素子の表示方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微小物体に直線運動あるいは曲線運動をさせ、且つその運動方向を反転させる事が可能な微小物体駆動装置の駆動方法および表示素子の表示方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、微小機械技術や生命工学等の発展に伴い、微小な物体に所望の運動をさせる事が可能な微小物体駆動装置への関心が高まっている。微小物体の動きを制御する方法として、レーザー光や液体の流動を利用する技術が報告されている。

【0003】例えば、特開平 5-168265 号公報に

は、レーザー光を利用して微小物体を回転させる方法が開示されている。また、レーザー光で微小物体をトラップした状態で所望の方向に移動させたり、所望の軌道上（例えば円）で運動させる方法については、既に多数の報告例が存在している。これらの装置における微小物体を駆動する力は、対物レンズを通過させたレーザー光を微小物体に照射した際に、該レーザー光が屈折等する事により生じる運動量変化に起因している。

【0004】一方、電界誘起型の流体流動を利用して物体を駆動する新しい型の駆動装置が報告されている。例えば、特開平6-294374号公報には、流体として液晶を用いた動力発生装置が開示されている。この発明による装置は、対向する平行電極間に封入した液晶セルに電界を印加する事により、電極端部の外側（電極間ではない）で対流を発生させる。この対流の発生している領域に回転子を配置する事により、回転子を回転させる事を特徴としている。

【0005】上記液晶の対流は、電極端部の液晶が電極間に形成された電界によりマイナス電極端部から該電極端部に対向するプラス電極端部へ移動する事により駆動される。即ち、前記液晶の移動により形成された液晶流動は電極外に逃げた後、再びマイナス電極端部にもどる流動になり、結果的に対流になる（対流の軸は、基板面に平行である）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来技術には次のような問題点があった。先ず、レーザー光を利用した駆動装置は小型化が困難であるという問題点があった。この理由は、レーザー光源や対物レンズ等の光学系が必要であるからである。更には、微小物体を所望の方向へ移動あるいは所望の方向に回転をさせるためには、レーザー光の焦点位置を所望の移動方向に移動させるための光学系あるいは機械系が必要となるからである。また微小物体に回転運動させるためには、複数のレーザー光源とレーザー光を円偏光化させるための光学系が必要となるからである。

【0007】一方、特開平6-294374号公報に開示されている発明は、次の様な問題点があった。第1に、回転運動しか形成できないという問題点があった。第2に、装置内には回転運動形成は必要であるが、回転子を配置できない領域があり、装置内に無駄なスペースがあるという問題点があった。そして、このスペースの存在により、装置の小型化が困難であるという問題点があった。その領域とは、一対の電極からなるコンデンサー領域である。

【0008】本発明は、この様な従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、微小物体に直線運動や回転運動を発現させる事ができ、且つその運動の向きを制御可能で、しかも構造が単純で、小型化が可能な微小物体駆動装置の駆動方法および表示素子の表示方法を

提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に関する微小物体駆動装置の駆動方法は、所定間隔を開けた状態で配置された一対の基板と、これらの基板の間に配置された液晶と、該液晶内に移動自在に配置された少なくとも1つの微小物体と、前記液晶を挟み込む様に配置された一対の電極と、該電極表面に設けられた水平配向処理を施された絶縁膜と、前記電極間に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた微小物体駆動装置の駆動方法であって、前記電圧印加手段により前記電極間に交番電圧を印加し、該交番電圧は波高値の絶対値が異なる正極性パルスと負極性パルスからなり、前記交番電圧の周波数で前記電極間における前記微小物体の運動を制御する事を特徴とする。

【0010】本発明における好ましい実施態様を下記に示す。前記液晶の誘電率異方性の大きさが+5以下の正の値である事が好ましい。前記液晶の粘性の大きさが20 mPa・s以下である事が好ましい。前記交番電圧の周波数により、前記微小物体の運動の方向を制御する事が好ましい。

【0011】臨界周波数よりも大きい第1の周波数の前記交番電圧を印加する事により前記微小物体を所定の方向に運動させ、前記臨界周波数よりも小さい第2の周波数の前記交番電圧を印加する事により前記微小物体を前記所定の方向に対して反対向きに運動させる事が好ましい。

【0012】前記臨界周波数の前記交番電圧を印加し、前記微小物体の運動をほぼ停止させる事が好ましい。前記臨界周波数の大きさが10 Hz以上200 Hz以下である事が好ましい。前記交番電圧により前記電極間に形成される電界強度が1 V/ μ m以上である事が好ましい。前記水平配向処理がラビング処理である事が好ましい。

【0013】前記一対の電極のうち、一方の電極表面の絶縁膜に施されたラビング処理のラビング方向が、他方の電極表面の絶縁膜に施されたラビング処理のラビング方向に対して反対向きである事が好ましい。前記ラビング処理が前記絶縁膜に対して閉じた帯状領域に沿って施されている事が好ましい。前記所定の方向が、前記ラビング方向と平行である事が好ましい。

【0014】前記微小物体の運動の軌跡が、前記電極面に対してほぼ平行な平面内における前記微小物体の直線的な運動である事が好ましい。前記微小物体の運動の軌跡が、前記電極面に対してほぼ平行な平面内における前記微小物体の閉曲線的な運動である事が好ましい。前記第1の周波数により、前記微小物体の前記所定の方向への運動の速さを制御する事が好ましい。

【0015】前記第2の周波数により、前記微小物体の前記所定の方向に対して反対向きへの運動の速さを制御

する事が好ましい。前記交番電圧の極性により、前記微小物体の運動の方向を制御する事が好ましい。前記交番電圧の極性を反転させる事により、前記微小物体の運動の方向を反転させる事が好ましい。

【0016】また、本発明は、所定間隔を開けた状態で配置された一対の透明基板と、これらの基板の間隙に配置された液晶と、該液晶内に移動自在に配置された少なくとも1つの微小物体と、前記液晶を挟み込む様に配置された一対の透明電極と、該電極表面に設けられた水平配向処理を施された絶縁膜と、前記電極間に電圧を印加する電圧印加手段とを備えた表示素子の表示方法であって、前記電圧印加手段により前記電極間に交番電圧を印加し、該交番電圧は波高値の絶対値が異なる正極性パルスと負極性パルスからなり、前記交番電圧の周波数により、前記微小物体を前記透明電極間に分散させた状態と、前記微小物体を前記透明電極のエッジ近傍に局在させた状態を形成する事により、前記表示素子に透明状態と非透明状態を発現させる事により表示を行う事を特徴とする表示素子の表示方法である。

【0017】

【発明の実施の形態】先ず、本発明に関する微小物体駆動装置の構成に関して図1を用いて説明する。図1において、11と12は基板である。13と14は、それぞれ基板11と基板12に設けられた電極である。図1ではそれぞれの電極表面に設けた絶縁膜は省略してある。また、基板11と基板12のギャップを維持するスペーサーも省略してある。15は電極間に充填した液晶である。16は、液晶内に分散している微小物体である。図1では1個の微小物体のみしか図示していないが、2個以上分散させていても構わない。17は電極13と電極14の間に電圧を印加する電圧印加手段である。

【0018】前記絶縁膜には水平配向処理が施されている。水平配向処理方法としてラビング処理をあげる事ができる。本発明では、前記絶縁膜へのラビング処理方法は2種類ある。一つは直線的なラビング処理であり、もう一つは閉曲線的なラビング処理である。

【0019】更に、本発明に関するラビング処理は、次のような条件を満たすように各電極上の絶縁膜に対して施されている。即ち、前記一対の電極のうち、一方の電極表面の絶縁膜に施されたラビング処理のラビング方向は、他方の電極表面の絶縁膜に施されたラビング処理のラビング方向に対して反対向きである。

【0020】図2は、本発明に関する直線的なラビング処理を説明するための模式図である。図2では、図1に示した微小物体駆動装置の電極部のみを図示した。図2では、電極14上の絶縁膜18に図中に示した+x軸方向にラビング処理を施されており、電極13上の絶縁膜19には-x軸方向へのラビング処理が施されている。

【0021】図3は、本発明に関する閉曲線的なラビング処理を説明するための模式図である。図3では、図1

に示した微小物体駆動装置の電極部のみを図示した。図3では、電極14上の絶縁膜18には閉じた帯状(図中の斜線部)に沿ってラビング処理が施されている。そして、このラビングの向きは、電極14の上面から観察して反時計回りの向きである(図中で矢印表示した)。

【0022】一方、電極13上の絶縁膜19にも閉じた帯状(図中の斜線部)に沿ってラビング処理が施されている。そして、そのラビングの向きは、電極14上面から観察して時計周りの向きである(図中で矢印表示した)。なお、前記電極表面に積層された絶縁膜に用いる材質等に特に制限はない。例えばポリイミド膜を挙げることができる。

【0023】本発明に使用する液晶の種類や構造は、電極間に印加する電圧により所望の運動を微小物体に発現させる事ができれば特に制限はない。ただし、誘電率異方性が正のネマチック液晶であり、該誘電率異方性の大きさが少なくとも+5以下の正の値である事が好ましい。誘電率異方性の大きさが、+5より大きい場合、電極間に印加する交番電圧の周波数の大きさを変化させても、微小物体の運動方向を制御できない場合があるからである。反転できない場合は、微小物体は方向性のないランダム運動を示したりする事がある。更に、液晶の粘性は、20mPa・s以下である事が好ましい。前記液晶の誘電率異方性の大きさと、前記粘性の大きさは同時に満たしている事が好ましい。

【0024】また、本発明に関する微小物体の種類は、液晶に対して化学的に安定であれば特に制限はない。例えば、ポリマービーズ、酸化金属微粒子、有機分子集合体等をあげる事ができる。また、その形状も微小物体に所望の運動を発現させる事ができれば特に限定されない。例えば、球状、扁平状、針状であっても構わない。

【0025】次に、本発明に関する微小物体駆動装置の駆動方法について説明する。本発明は、臨界周波数よりも大きい第1の周波数の前記交番電圧を印加する事により、前記微小物体を所定の方向に運動させ、前記臨界周波数よりも小さい第2の周波数の前記交番電圧を印加する事により、前記微小物体を前記所定の方向に対して反対向きに運動させる事を特徴とする。

【0026】上記臨界周波数の交番電圧を電極間に印加しても、微小物体はほぼ停止しているか、所定の方向及び所定の方向に対して反対向きへの運動を示さない。また、臨界周波数より大きすぎる周波数の交番電圧を電極間に印加しても、微小物体は運動を示さない。即ち、前記本発明に関する第1の周波数には最大値が存在する。また、臨界周波数より小さすぎる周波数の交番電圧を電極間に印加しても、微小物体はほぼ停止している場合が多い。即ち、前記本発明に関する第2の周波数には最小値が存在する。

【0027】上述した臨界周波数、第1の周波数、第2の周波数の大きさ及びその範囲は、装置に用いる液晶の

種類、駆動体の材質、大きさ、絶縁膜の種類等に依存して大きく変化する場合があります。従って本発明では、微小物体に所望の運動を発現させる事ができる適切な周波数の大きさと範囲を選択すればよい。

【0028】電極間に印加する交番電圧の周波数の大きさと、微小物体の運動速度との関係を模式的に図4に示す。第1の周波数の交番電圧を印加している際に微小物体が進む方向をプラスとした。図4で示した f_c が、上記臨界周波数に対応する。また、図4で示した f_c 以上 f_1 以下の周波数領域内に、前記第1の周波数が存在する。本発明の場合、前記 f_1 の大きさは、5kHz以下である。一方、 f_2 以上 f_c 以下の周波数領域内に、前記第2の周波数が存在する。本発明の場合、前記 f_2 の大きさは、0.5Hz以上である。

【0029】前記臨界周波数 f_c の値は、前記交番電圧により前記電極間に形成される電界強度が大きくなると、増大する傾向にある。本発明に関する装置に使用する液晶が同じならば、前記臨界周波数 f_c の値は、前記電界強度の大きさにより一義的に決まる。前記臨界周波数の範囲として、10Hz以上200Hz以下をあげる事ができる。例えば、所定の電界強度の電界を前記電極間に印加した場合、前記臨界周波数 f_c の大きさは50Hzになる場合がある。この場合、前記第1の周波数は、50Hz以上5kHz以下の値となる。一方、前記第2の周波数は、0.5Hz以上50Hz以下の値となる。

【0030】また、図4に示す様に、微小物体の運動の速さを最大にする交番電圧の周波数が2箇所存在する。一つは、前記 f_c と f_1 の間に存在する（この周波数を、 f_{1a} とする）。もう一つは、前記 f_2 と f_c の間に存在する（この周波数を、 f_{2a} とする）。交番電圧の周波数が前記 f_{1a} の場合の微小物体の速さ（図4中で示した v_1 ）と、交番電圧の周波数が前記 f_{2a} の場合の微小物体の速さ（図4中で示した v_2 ）は、装置に用いる液晶の種類、駆動体の材質、大きさ、絶縁膜の種類、前記電界強度等に依存して大きく変化する。ただし、液晶の種類、駆動体の材質等によらず、前記電界強度が大きいくほど、前記速さは大きくなる傾向にある。また、前記 v_1 と前記 v_2 の大きさは、ほぼ等しい傾向にある。

【0031】また、本発明は、電極間に印加する交番電圧の周波数の大きさを変化させる事により、微小物体の速さを制御する事が可能である。即ち、電極間に印加する交番電圧の周波数を、図4に示した周波数 f_c から f_{1a} の間で変化させる事により、微小物体の速さを0から v_1 の間で制御する事が可能である。同様に、電極間に印加する交番電圧の周波数を、図4に示した周波数 f_c から f_{2a} の間で変化させる事により、微小物体の速さ0から v_2 の間で制御する事が可能である。

【0032】次に、本発明に関する駆動方法について、

具体的に説明する。

<直線的なラビング処理を施された微小物体駆動装置の駆動方法>図1に示した構成の微小物体駆動装置であって、各電極上の絶縁膜に対して、図2に示した様な直線的なラビング処理を施した場合の微小物体駆動装置の駆動方法を説明する。

【0033】電圧印加手段17により、図5に示した様な両極性の矩形波（ $V_1 > V_2$ ）であって、上記第1の周波数領域内の周波数を有する矩形波を印加（電極13が接地されている）したとする。この場合、微小物体16は電極間において、+x軸方向に向かって直線的な運動を示す。即ち、微小物体は電極面にほぼ平行な平面内で運動する。

【0034】一方、電圧印加手段17により、図5に示した様な両極性の矩形波（ $V_1 > V_2$ ）を印加（電極14が接地されている）であって、上記第2の周波数領域内の周波数を有する矩形波を印加したとする。この場合、微小物体16は電極間において、-x軸方向に向かって直線的な運動する。

【0035】即ち、矩形波のプラス側の波高値（上記説明では V_1 ）とマイナス側の波高値（上記説明では $-V_2$ ）を変化させる事なく、矩形波の周波数の大きさを変化させる事により微小物体の運動方向を反転させる事ができる。

【0036】電極間に複数の微小物体が分散されていても、同様の結果が得られる。即ち、第1の周波数領域内の周波数を有する図5に示した様な矩形波を印加すると、全ての微小物体は、-x軸方向への直線的な運動を示す。一方、第2の周波数領域内の周波数を有する図5に示した様な矩形波を印加すると、全ての微小物体は、+x軸方向への直線的な運動を示す。

【0037】なお、図5に示した矩形波に対する逆極性の矩形波（図6参照）であって、上記第1の周波数領域内の周波数を有する矩形波を印加すると、微小物体は-x軸方向への直線的な運動を示す。また、図5に示した矩形波に対する逆極性の矩形波（図6参照）であって、上記第2の周波数領域内の周波数を有する矩形波を印加すると、微小物体は+x軸方向への直線的な運動を示す。即ち、本発明に関する微小物体駆動装置は、周波数を変化させることなく、電極間に印加する交番電圧の極性によっても、微小物体の運動方向を制御できる。

【0038】<閉曲線的なラビング処理を施された微小物体駆動装置の駆動方法>図1に示した構成の微小物体駆動装置であって、各電極上の絶縁膜に対して、図3に示した様な閉曲線に沿ったラビング処理を施した場合の微小物体駆動装置の駆動方法を説明する。

【0039】電圧印加手段17により、図5に示した様な両極性の矩形波（ $V_1 > V_2$ ）であって、上記第1の周波数領域内の周波数を有する矩形波を印加（電極14が接地されている）したとする。この場合、微小物体1

6は、電極14の上面から観察して反時計周りの回転運動を電極間で示す。即ち、微小物体は電極面にほぼ平行な平面内で運動する。

【0040】一方、電圧印加手段17により、図5に示した様な両極性の短形波($V1 > V2$)であって、上記第2の周波数領域内の周波数を有する矩形波を印加(電極14が接地されている)したとする。この場合、微小物体16は、電極14の上面から観察して時計周りの回転運動を電極間で示す。

【0041】即ち、矩形波のプラス側の波高値(上記説明では $V1$)とマイナス側の波高値(上記説明では $-V2$)を変化させる事なく、矩形波の周波数の大きさを変化させる事により微小物体の回転運動の向きを反転させる事ができる。

【0042】電極間に複数個の微小物体が分散されていても、同様の結果が得られる。即ち、第1の周波数領域内の周波数を有する図5に示した様な矩形波を印加すると、全ての微小物体は時計周りの回転運動を示す。一方、第2の周波数領域内の周波数を有する図5に示した様な矩形波を印加すると、全ての微小物体は反時計周りの回転運動を示す。

【0043】なお、図5に示した矩形波に対する逆極性の矩形波(図6参照)であって、上記第1の周波数領域内の周波数を有する短形波を印加すると、微小物体は時計周りの回転運動を示す。また、図5に示した矩形波に対する逆極性の矩形波(図6参照)であって、上記第2の周波数領域内の周波数を有する矩形波を印加すると、微小物体は反時計周りの回転運動を示す。即ち、本発明に関する微小物体駆動装置は、周波数を変化させることなく、電極間に印加する交番電圧の極性によっても、微小物体の運動方向を制御できる。

【0044】上記説明では、微小物体駆動用の電気信号として矩形波を例にあげて説明した。本発明では、微小物体駆動用の電気信号は、矩形波に限定されるものではない。少なくとも交番電圧であれば構わない。そして、該交番電圧は、正極性パルスと負極性パルスとからなり、前記正極性パルスの波高値と前記負極性パルスの波高値が異なる。また、本発明に関する交番電圧により前記電極間に形成される電界強度が $1V/\mu m$ 以上である事が好ましい。ただし、上記電界強度の範囲は、装置に用いる液晶の種類、駆動体の材質、大きさ、絶縁膜の種類等に依存して大きく変化する場合がある。従って本発明では、微小物体に所望の運動を発現させる事ができる適切な電界強度を選択すればよい。

【0045】上述したような液晶中における微小物体の運動機構の詳細は不明であるが、電界誘起型の液晶流動が微小物体を駆動しているのではないかと本発明者は推測している。即ち、図6及び図5に示した矩形波を印加すると、微小物体は液晶中における帯電符合に応じて一方の電極に引き寄せられる。引き寄せられた電極近傍に

は電界誘起型の液晶流動が形成されていると推測している。ただし、図6の矩形波を印加している場合に形成される液晶流動の向きが、図5の矩形波を印加している場合に形成される液晶流動の向きに対して反対向きであると推測している。このため、矩形波の極性を変化させると、微小物体の運動方向が反転すると考えている。また、図5に示す矩形波の周波数が前記第1の周波数である場合に形成される前記液晶流動の向きが、図5に示す短形波の周波数が前記第2の周波数である場合に形成される前記液晶流動の向きに対して反対向きであると推測している。このため、矩形波の周波数により、前記微小物体の運動方向を制御できると推測される。

【0046】一方、上述した微小物体駆動装置において、微小物体の動きを駆動装置の壁面外に取り出すような機構を設けてあっても構わない。例えば、微小物体に直線的な運動をさせる場合、微小物体に微小な棒を接続し、その棒を駆動装置の基板外に出しても構わない。この場合、微小物体の直線的な運動を取り出す事が可能である。あるいは、液晶中で微小物体を駆動するのではなく、電界により液晶流動を誘起するマイクロポンプへの応用も可能である。あるいは、電極間で微小物体を動かし、その分布状態を変化させる事により光学的に異なる2状態(例えば、透明状態と非透明状態)を形成する表示素子への応用も可能である。

【0047】

【実施例】以下、実施例を用いて本発明の詳細について述べる。

【0048】実施例1

本実施例における微小物体駆動装置の模式図を図7に示す。図7において、71及び72は対向配置しているガラス基板($15mm \times 15mm$)である。73と74は、夫々は基板71と基板72に設けられた透明電極($10mm \times 10mm$)である。電極73と電極74の表面にはポリイミド薄膜が積層されている(図7では省略)。電極73に積層されたポリイミド薄膜には-x軸方向にラビング処理が施されている。電極74に積層されたポリイミド薄膜には+x軸方向にラビング処理が施されている。

【0049】75はネマチック液晶(商品名 MLC-6225-000、メルク社製)である。76は微小物体であり、直径 $3\mu m$ のポリマービーズ(商品名 ミクロパールSP-203、積水ファインケミカル(株)製)である。77は電極73と電極74の間に電圧を印加する電圧印加手段である。電極74は接地されている。なお、図7では一対の電極間のギャップ(本実施例では $12.5\mu m$)を維持するスペーサーは省略した。

【0050】上記電極73と電極74の間に、図5に示した矩形波において、 $V1 = 82V$ 、 $V2 = 18V$ 、周波数 $300Hz$ の矩形波を印加した。該矩形波印加中、電極間に配置しているポリマービーズが示す応答を電極

73の上面から顕微鏡で観察した。その結果、電極間に存在している全てのポリマービーズが、+x軸方向に移動する様子が観察された。該矩形波を印加し続けると、ポリマービーズは一方の電極エッジ(図7では、左側の電極エッジ部)に集合した状態が形成できた。

【0051】次に、電極73と電極74の間に図5に示した矩形波において、 $V1=82V$ 、 $V2=18V$ 、周波数20Hzの矩形波を印加した。該矩形波印加中、電極間に配置しているポリマービーズが示す応答を電極73の上面から顕微鏡で観察した。その結果、電極間に存在している全てのポリマービーズが、-x軸方向に移動する様子が観察された。該矩形波を印加し続けると、ポリマービーズは一方の電極エッジ(図7では、右側の電極エッジ部)に集合した状態が形成できた。即ち、ポリマービーズは左側の電極エッジ部近傍から、右側の電極エッジ部近傍にまで移動した。更に、本実施例では上記2種類の矩形波を交互に印加したところ、ポリマービーズの運動方向を可逆的に反転できた。即ち、電極間に印加する矩形波の周波数の大きさを変化させる事により、ポリマービーズの運動方向を制御する事ができた。

【0052】なお、図5に示した矩形波において、 $V1=82V$ 、 $V2=18V$ 、周波数40Hzの矩形波を前記電極間に印加した。しかしながら、ポリマービーズの明確な運動は観察されなかった。

【0053】実施例2

本実施例では、実施例1と同じ微小物体駆動装置を使用した。本実施例では、下記矩形波を印加した。

・矩形波1

図5に示した矩形波において、 $V1=98.4V$ 、 $V2=21.6V$ であって、周波数500Hzと周波数が20Hzの短形波。

・矩形波2

図5に示した矩形波において、 $V1=131.2V$ 、 $V2=28.8V$ であって、周波数500Hzと周波数が20Hzの矩形波。

【0054】上記矩形波1及び短形波2を電極間に印加している間、電極間に存在しているポリマービーズの応答を観察した。その結果、両矩形波ともに、500Hzの場合は+x軸方向に、20Hzの場合は-x軸方向に、ポリマービーズが運動する様子が観察された。

【0055】なお、矩形波1と同じ波高値で、周波数が60Hzの短形波を印加した場合、ポリマービーズの明確な運動は観察されなかった。一方、矩形波2と同じ波高値で、周波数が80Hzの矩形波を印加した場合、ポリマービーズの明確な運動は観察されなかった。

【0056】実施例3

本実施例では、実施例1と同じ微小物体駆動装置を使用した。本実施例では、下記矩形波を印加した。

【0057】・矩形波3

図5に示した矩形波において、 $V1=98.4V$ 、 $V2=21.6V$ であって、周波数を60Hzから500Hzの間で変化させる。

図5に示した矩形波において、 $V1=98.4V$ 、 $V2=21.6V$ であって、周波数60Hzから30Hzの間で変化させる。

・矩形波4

【0058】上記矩形波3を電極間に印加している間、電極間に存在しているポリマービーズの応答を観察した。その結果、周波数が60Hzから500Hzに増加するにつれて、ポリマービーズの+x軸方向への運動速度が増加する様子が観察された。

【0059】一方、上記矩形波4を電極間に印加している間、電極間に存在しているポリマービーズの応答を観察した。その結果、周波数が60Hzから30Hzに減少するにつれて、ポリマービーズの-x軸方向への運動速度が増加する様子が観察された。

【0060】実施例4
本実施例では、実施例1と同じ微小物体駆動装置を使用した。本実施例では、下記矩形波を印加した。

・短形波5

図5に示した矩形波において、 $V1=98.4V$ 、 $V2=21.6V$ であって、周波数500Hzの短形波。

・短形波6

図5に示した矩形波において、 $V1=21.6V$ 、 $V2=98.4V$ であって、周波数500Hzの短形波。短形波6は短形波5の逆極性の短形波である。

【0061】上記矩形波5を電極間に印加している間、電極間に存在しているポリマービーズの応答を観察した。その結果、+x軸方向にポリマービーズが運動する様子が観察された。一方、上記矩形波6を電極間に印加している間、電極間に存在しているポリマービーズの応答を観察した。その結果、-x軸方向にポリマービーズが運動する様子が観察された。

【0062】実施例5
本実施例においては、下記項目を変更した以外、実施例1と同じ構成の微小物体駆動装置を用いた。変更したのは、電極73及び電極74に夫々積層されたポリイミド膜に対するラビング処理である。

【0063】本実施例では、夫々のポリイミド膜に対して、円周に沿ってラビング処理を行い、閉じた帯状にラビング処理を施した領域を形成した。電極73及び電極74に施したラビング処理の模式図を図8に示す。図8は、電極73と電極74のみを図示してある。図中に示した矢印がラビング処理のラビング方向である。電極73には電極73の上面から観察して時計周りの方向にラビング処理を施してある。一方、電極74には、電極73の上面から観察して反時計周りの方向にラビング処理が施されている。

【0064】なお、本実施例では円周に沿ったラビング処理は次のように行った。その方法を図9を用いて説明

する。まず、電極91上(ポリイミド膜は図示していない)にラビング布92を押し当てて、電極91の電極中心93を通り、かつ、電極面に垂直な回転軸94に関して電極を一方方向に回転させる事により、電極面上のポリイミド薄膜にラビング処理を施した。この様なラビング処理を行う事により、円周に沿ったラビング処理領域を形成した。

【0065】次に電圧印加手段により電極73と電極74の間に、下記2種類の矩形波電圧を交互に印加した。但し、何れの場合も電極74が接地されている。上記電極73と電極74の間に、図5に示した矩形波において、 $V1=82V$ 、 $V2=18V$ 、周波数500Hzの矩形波を印加した。該矩形波印加中、電極間に配置しているポリマービーズが示す応答を電極73の上面から顕微鏡で観察した。その結果、電極間に存在している全てのポリマービーズが、反時計周りの回転運動を示す様子が観察された。即ち、微小物体は電極面にほぼ平行な平面内で回転運動を示していた。

【0066】次に、電極73と電極74の間に図5に示した矩形波において、 $V1=82V$ 、 $V2=18V$ 、周波数20Hzの矩形波を印加した。該矩形波印加中、電極間に配置しているポリマービーズが示す応答を電極73の上面から顕微鏡で観察した。その結果、電極間に存在している全てのポリマービーズが、時計周りの回転運動を示す様子が観察された。更に、本実施例では上記2種類の矩形波を交互に印加したところ、ポリマービーズの運動方向を可逆的に反転できた。即ち、電極間に印加する矩形波の周波数の大きさを変化させる事により、ポリマービーズの運動方向を制御する事ができた。

【0067】なお、図5に示した矩形波において、 $V1=82V$ 、 $V2=18V$ 、周波数40Hzの矩形波を前記電極間に印加した。しかしながら、ポリマービーズの明確な運動は観察されなかった。

【0068】実施例6

本実施例においては、下記項目を変更した以外、実施例1と同じ構成の微小物体駆動装置を用いた。変更したのは、基板72の裏面に黒色板を設けた事である。

【0069】本実施例の装置は、はじめ基板71の上面から観察すると白色に見えた。この状態の素子の電極間に、図5に示した矩形波において、 $V1=82V$ 、 $V2=18V$ 、周波数300Hzの矩形波を印加した。該矩形波印加中、電極間に配置しているポリマービーズが示す応答を基板71の上面から顕微鏡で観察した。その結果、電極間に存在している全てのポリマービーズが、+x軸方向に移動する様子が観察された。該矩形波を印加し続けると、ポリマービーズは一方の電極エッジ(図7では、左側の電極エッジ部)に集合した状態が形成できた。この状態の装置を基板71の上面から観察すると、電極領域が黒色に見えた。この状態は前記矩形波印加を解除しても保存されていた。

【0070】次に、前記電極間に図5に示した矩形波において、 $V1=82V$ 、 $V2=18V$ 、周波数20Hzの矩形波を印加した。該矩形波印加中、電極間に配置しているポリマービーズが示す応答を基板71の上面から顕微鏡で観察した。その結果、電極間に存在している全てのポリマービーズが、-x軸方向に移動する様子が観察された。該矩形波を印加し続けると、ポリマービーズが電極間にはほぼ均一に分散した状態が形成された。この状態の装置を基板71の上面から観察すると、電極領域が再び白色に見えた。この状態は前記矩形波印加を解除しても保存されていた。

【0071】更に、本実施例では上記2種類の矩形波を交互に印加したところ、黒色状態と白色状態を交互に形成する事ができた。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、構造が簡単にも関わらず、微小物体に直線運動や回転運動を発生させる事ができ、且つその運動方向の可逆的な反転と運動速度の制御が可能で、構造が単純で、小型化が可能な微小物体駆動装置の駆動方法および表示素子の表示方法を提供する事ができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る微小物体駆動装置の構造の一例を示す断面図である。

【図2】本発明におけるラビング処理を示す説明図である。

【図3】本発明におけるラビング処理を示す説明図である。

【図4】交番電圧の周波数と微小物体の運動速度との関係を示す模式図である。

【図5】本発明に係る微小物体駆動装置に印加する交番電圧の駆動波形を示す波形図である。

【図6】本発明に係る微小物体駆動装置に印加する交番電圧の駆動波形を示す波形図である。

【図7】本発明に係る微小物体駆動装置の構造の他の例を示す断面図である。

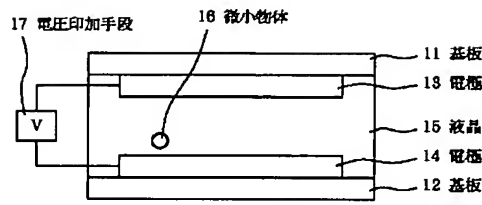
【図8】本発明におけるラビング処理を示す説明図である。

【図9】本発明の実施例2におけるラビング処理を示す説明図である。

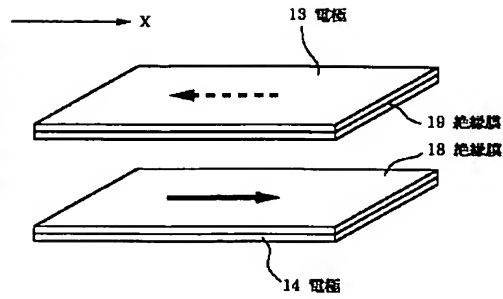
【符号の説明】

- 11、12、71、72 基板
- 13、14、73、74、91 電極
- 15、75 液晶
- 16、76 微小物体
- 17、77 電圧印加手段
- 18、19 絶縁膜
- 92 ラビング布
- 93 電極中心
- 94 回転軸

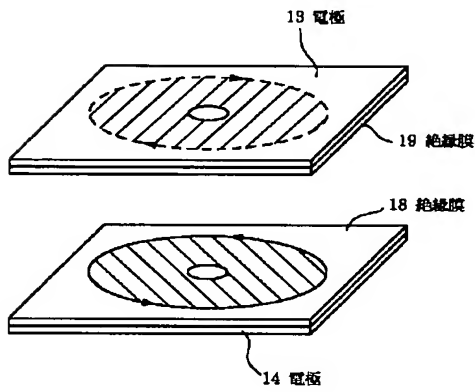
【図1】



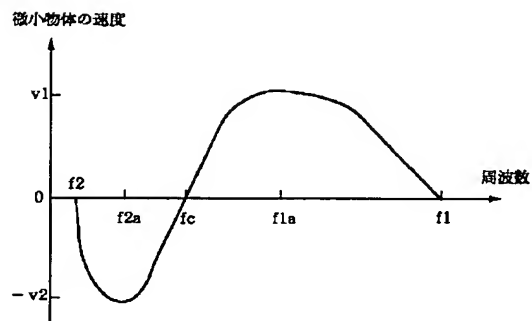
【図2】



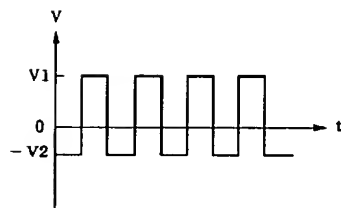
【図3】



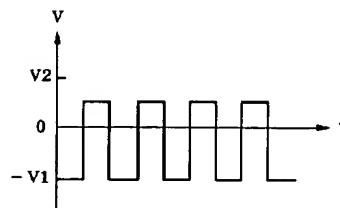
【図4】



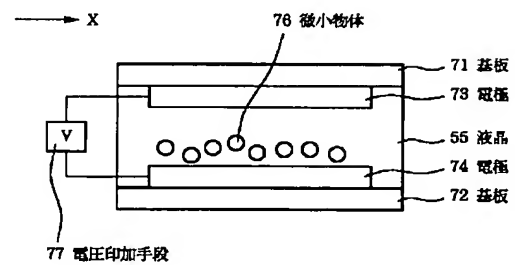
【図5】



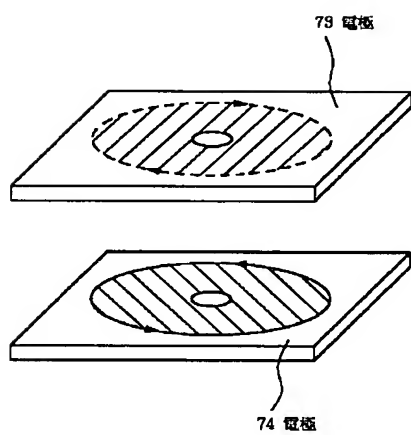
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

